

EFEKTIFITAS PENAMBAHAN *PRE-TREATMENT* DI *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*, DENGAN MENGUNAKAN PERMUKAAN DISK TIDAK DATAR, UNTUK MENGOLAH AIR LIMBAH TEMPE

Novirina Hendrasarie¹⁾, Minarni Nur Trilita²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan, ²⁾Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UPN”Veteran”Jatim

novirina@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Air limbah tempe mengandung beban organik yang tinggi. Untuk itu teknologi RBC dipilih sebagai pengolah limbah tersebut. Tujuan dari penelitian ini, adalah menambahkan *pre-treatment* untuk meningkatkan kinerja *Rotating Biological Contactor* (RBC) untuk mengolah limbah dengan kandungan organik tinggi. Pada tahap kesatu, merancang model *Rotating-Gear Blade Discs-Contactor* (RBC), dan pengaturan parameter desain reaktor yang efisien. Putaran rotor ditetapkan 7 rpm, 40% disk tercelup air limbah, suhu 27°C - 29 °C, pH 6.52 – 7.84. Penyisihan untuk kandungan COD, TSS dan nitrat, masing-masing pada kisaran 93.27% COD; 61.8% TSS dan 57% Nitrat. Effluen limbah yang memenuhi persyaratan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 tahun 2002, adalah COD kurang dari 300 mg/l. Melebihi baku mutu, nilai TSS dan NO₃⁻. Hydraulic retention time (HRT) pada proses ini 3.5-4.2 jam pada organic loading pada kisaran 11.91 – 43.18 gCOD/m².hari. Bakteri yang teridentifikasi tumbuh dominan di biofilm dan mampu mendegradasi kandungan organik, *Bacillus sp* dan *Pseudomonas sp*. Pada tahap kedua, dilakukan dengan pilot plant, dengan menambahkan *pre-treatment* (koagulasi-flokulasi, *Primary Clarifier*) sebelum RBC untuk pengolahan limbah tempe. Di HRT 4.2 jam, TSS disisihkan 80%, COD 96.99%, Total Nitrogen 44.63% dan total Phosphat 51.2%. Didapatkan bahwa effluen limbah untuk nilai COD dan TSS memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Dengan menambahkan *pre-treatment* mampu meningkatkan efisiensi kinerja alat.

Kata kunci : permukaan disk tidak datar, *rotating biological contactor*, limbah tempe, microbial biofilm,

1. PENDAHULUAN

Rotating Biological Contactor, merupakan pengolah air limbah cair dengan proses aerobik. Pengembangan yang dilakukan, adalah dengan mengembangkan dengan bentuk permukaan bergerigi dan berbelah. Cakram-cakram ini, sebagai media tumbuh mikroorganisme, yang dicelupkan kedalam air air limbah dan diputar perlahan-lahan. Biofilm hasil pertumbuhan mikroorganisme yang ada dalam cakram tersebut, berfungsi menurunkan zat-zat pencemar yang ada didalam air limbah.

Pemilihan RBC dalam pengolahan ini, karena RBC meskipun biaya awal tinggi, tetapi biaya operasional dan perawatan rendah, mudah pengoperasiannya, lebih efisien ditinjau dari kebutuhan lahan dan energi (Borchardt, 1971; Wu and Smith, 1982; Wheatley, 1984. Pada dekade terakhir, mulai dikembangkan bahan dan bentuk media, berbentuk pipa (Kargi, 2001). bergelombang (D.Mba, 2003), *packed cake RBC*, (Sirianuntapiboon and Chuamkaew, 2007); *rotating drum* (Sima et al., 2012), *net-like rotating biological contactor* (NRBC) (Chen, et al., 2006). Faktor HRT, berkaitan dengan luas permukaan lapisan mikroorganisme sebagai pengurai zat-zat organik pada air limbah. Dan jika lapisan mikroorganisme menjadi tebal, maka efisiensi alat menjadi berkurang karena luas permukaan media menurun, sehingga HRT menjadi lama. Dari hal tersebut diatas, maka dikembangkan bentuk cakram dengan bentuk bergeri pada sisinya. Sehingga lebih memperluas permukaan lapisan mikroorganisme.

Reaktor RBC terdiri dari satu seri kontaktor berbentuk cakram yang berputar dalam wadah semi sirkuler. Jarak antar kontaktor satu dengan yang lain cukup dekat dan kurang lebih 40% dari luas kontakturnya terendam dalam air air limbah. Air limbah dimasukkan secara teratur kedalam bejana tersebut dan cakram diputar perlahan-lahan. Putaran disk pada sistem proses RBC selain bertujuan agar mikroorganisme dapat mengabsorpsi oksigen, tetapi juga untuk meningkatkan turbulensi di tanki RBC, sehingga transfer oksigen menjadi meningkat (Palma et al., 2009; Courtens et al., 2014).

RBC adalah salah alternatif teknologi pengolahan air limbah, yang penting untuk industri skala kecil, seperti industri sandang dan pangan. Hal ini disebabkan pengoperasiannya yang mudah, dan hemat

listrik. Kesulitannya adalah air limbah organik yang dihasilkan dari industri sandang dan pangan, adalah tinggi. Sedang RBC yang ada saat ini, hanya untuk kandungan organik 8-20 g BOD/m².hari (Metcalf & Eddy, 2004). Untuk itu dalam penelitian ini, ditambahkan *pre-treatment* yang diletakkan sebelum RBC, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja reaktor RBC untuk mengolah limbah.

Koagulasi dan Flokulasi

Secara garis besar, mekanisme koagulasi dan flokulasi adalah : destabilisasi muatan negatif partikel oleh muatan positif dari koagulan, tumbukan antar partikel, Adsorpsi. Penambahan bahan kimia (koagulan) pada proses koagulasi dengan pengadukan cepat, memberikan kesempatan kepada koagulan untuk membentuk inti flok yang berasal dari partikel koloid yang ada dalam contoh air.

Faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi: pertama, pemilihan bahan kimia, merupakan suatu program lanjutan dari percobaan dan evaluasi yang biasanya menggunakan Jar test. Untuk melaksanakan pemilihan bahan kimia, perlu pemeriksaan terhadap karakteristik air baku yang akan diolah yaitu : suhu, pH, alkalinitas, kekeruhan dan warna. Yang kedua, penentuan dosis optimum koagulan. Untuk memperoleh koagulasi yang baik, dosis optimum koagulan harus ditentukan. Dosis optimum mungkin bervariasi sesuai dengan karakteristik dan seluruh komposisi kimiawi di dalam air baku, tetapi biasanya dalam hal ini fluktuasi tidak besar, hanya pada saat-saat tertentu dimana terjadi perubahan kekeruhan yang drastis (waktu musim hujan/banjir) perlu penentuan dosis optimum berulang-ulang. Ketiga, penentuan pH optimum

Penambahan garam aluminium atau garam besi, akan menurunkan pH air, disebabkan oleh reaksi hidrolisa garam tersebut, seperti yang telah diterangkan di atas. Koagulasi optimum bagaimanapun juga akan berlangsung pada nilai pH tertentu (pH optimum), dimana pH optimum harus ditetapkan dengan jar-test (Verma et al., 2012; Suarez et al., 2009).

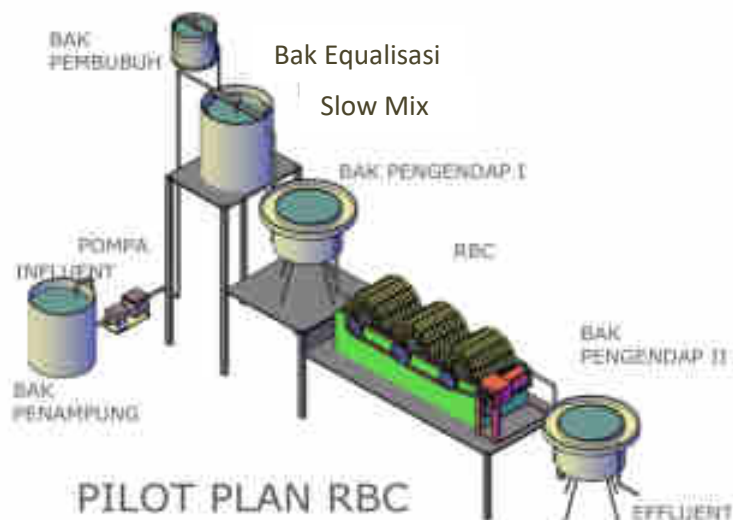
Aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$). Biasanya disebut tawas, bahan ini yang digunakan dalam penelitian ini. Karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment. Namun Ada juga kerugiannya, yaitu umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu yang lama untuk proses pelarutan.

Flokulasi adalah suatu proses aglomerasi (penggumpalan) partikel-partikel terdestabilisasi menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan dapat dipisahkan oleh sedimentasi dan filtrasi. Dengan kata lain proses flokulasi adalah proses pertumbuhan flok (partikel terdestabilisasi atau mikroflok) menjadi flok dengan ukuran yang lebih besar (makroflok). Untuk mencapai kondisi flokulasi yang dibutuhkan, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu: Waktu flokulasi, jumlah energi yang diberikan, jumlah koagulan, jenis dan jumlah koagulan / flokulan pembantu, cara pemakaian koagulan / flokulan pembantu, resirkulasi sebagian lumpur (jika memungkinkan) (Amuda et al., 2007)

2. METODE PENELITIAN

Kandungan organik yang akan disishkan pada limbah tempe, meliputi : COD, TSS, Total Nitroge dan Total Phosphat. Dengan tetap memantau DO, temperatur dan pH saat operasional. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini, dari limbah industri tempe, daerah Tenggilis, Surabaya. Mikroorganisme yang digunakan, dikembangkan dari industri tempe itu sendiri. Proses penelitian terbagi menjadi tiga tahap, tahap pertama pembibitan (*Seeding*) dilakukan untuk mengembangkan mikroorganisme sehingga terbentuk biofilm pada media cakram. Dijaga konsentrasi DO, temperatur dan pH. Saat seeding, dilakukan recycle, untuk mempercepat terbentuknya biofilm. Proses dilanjutkan sampai biofilm yang terbentuk pada ketebalan 1-1.5 mm. Tahap kedua, aklimatisasi. Proses aklimatisasi dilakukan untuk mendapatkan suatu kultur mikroorganisme yang stabil dan dapat beradaptasi dengan air limbah. Selama masa aklimatisasi kondisi dalam reaktor dibuat tetap aerob dengan menjaga konsentrasi DO, temperatur, dan pH. Proses ini dilakukan secara *batch*. Tahap ketiga pengoperasian reaktor.

Pada tahap pengoperasian reaktor, proses yang dilakukan secara continuous process. Dengan volume limbah didalam tanki, 20 liter. Kecepatan putar cakram diatur 7 rpm, dosis koagulan sesuai dengan hasil jar test. Kecepatan putaran blade pada bak equalisasi/slow mix 40 rpm. Konsentrasi COD (So) divariasi kisaran 700 mg/l – 4000 mg/l. Pengambilan sampel dari Reaktor RBC, waktu detensi divariasi antara 0.7 – 4.2 jam. Temperatur dan pH, dikontrol mendekati $T=30 \pm 2^\circ C$ dan $pH= 7.5 \pm 0.3$. Cairan limbah didalam tanki tidak dilakukan aerasi, sistem aerasi hanya dari perputaran cakram, yang menyebabkan biofilm saat berada di atas kontak langsung dengan udara, sedang kalau di bawah kontak dengan limbah. Schematic experimental setup, dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Schematic Experimental Setup

Keterangan gambar:

- Bak Penampung & Netralisasi : Menampung limbah awal dan ditambahkan kapur untuk netralisasi
- Bak Equalisasi : Untuk menstabilkan debit dan penambahan koagulan, pengadukan dengan jatuhnya aliran air dari pompa
- Slow Mix ($\omega=6$ rpm) : Untuk pembentukan flok
- Bak Clarifier 1 : Untuk mengendapkan flok
- Rotating Geared Blade Discs Contactor) : Pengolahan biologis
- Bak Clarifier 2 : Mengendapkan TSS hasil dari pengolahan biologis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan penyisihan kandungan organik pada industri tempe, menggunakan RBC media bergerigi ditunjukkan pada pembahasan dibawah ini.

Biofilm di RBC

Pada pertumbuhan mikroorganisme pada RBC media 3 dimensi bergerigi untuk penyisihan kandungan organik air limbah tempe, adanya pertumbuhan biofilm di disk dengan keputihan. Pertumbuhan terjadi pada saat seeding selama 2 hari ketebalan masih sekitar antara 2,5 mm di stage 3, 2 mm di stage 2, dan 1 mm di stage 3 namun biofilm tidak menutup semua permukaan disk. Pada hari ke 6 ketebalan biofilm 3 mm di stage 1, 2,5 mm di stage 2, dan 1,5 mm di stage 3. Sedangkan pada hari ke 10, 12 dan 14 menunjukkan ketebalan biofilm mengalami penurunan menjadi 2,5 mm, pada tahap ini ketebalan biofilm menjadi stabil, dan siap dilakukan aklimatisasi.

Pada proses aklimatisasi, biofilm yang melekat pada media disk ketebalannya mencapai 3 mm pada stage 1; 2,5 mm pada stage 2 dan 2 mm pada stage 3. Dengan luas permukaan RBC menjadi 100% pada tiap stage dan terjadinya perubahan warna pada lapisan biofilm menjadi warnah putih kekuningan. Pada ketebalan 2.5 mm, lapisan biofilm stabil dan RBC siap beroperasi.

Dari hasil penelitian didapatkan hasil identifikasi mikroba yang dominan pada biofilm untuk menguraikan kandungan organik air limbah tempe, ada pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Mikroba Yang Dominan di Biofilm

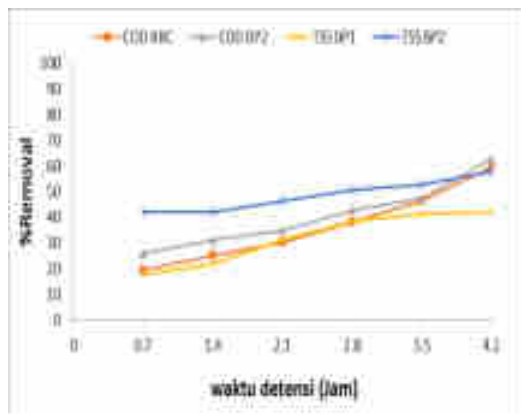
Stage	Identification
Stage 1	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Staphylococcu s sp.</i>
Stage 2	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> <i>Staphylococcus sp.</i>
Stage 3	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i>

Dari Tabel 1, didapatkan bahwa keanekaragaman mikroorganisme di masing-masing stage berbeda, dan keanekaragaman tertinggi di Stage 1 dan Stage 2. Karena denitrifikasi secara parsial tertinggi di stage awal, sehingga muncul dominasi mikroorganisme yang mampu mendegradasinya (Kadu and Rao, 2012). Sedangkan Stage 3 tingkat dominasi rendah karena beban organik yang didegradasi oleh biofilmnya lebih rendah dibandingkan stage sebelumnya. Sehingga tingkat keanekaragaman mikroorganisme di Stage 3 lebih tinggi.

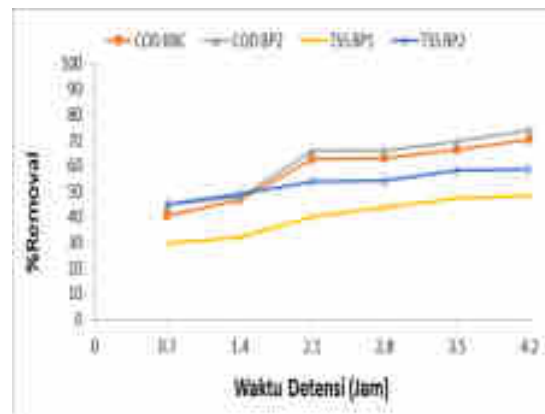
Penyisihan Parameter Organik, COD dan TSS

Dengan penambahan pre-treatment, hasil penurunan kandungan organik COD dan TSS mengalami peningkatan. Hasil analisis kandungan organik air limbah tempe yang telah diolah pada reaktor, konsentrasi COD input kurang dari 2000 mg/l., memenuhi aturan. Aturan yang digunakan Keputusan Gubernur Jawa timur No. 45 Tahun 2002, baku mutu air limbah COD effluen maksimum 300 mg/l dan TSS maksimum 100 mg/l.

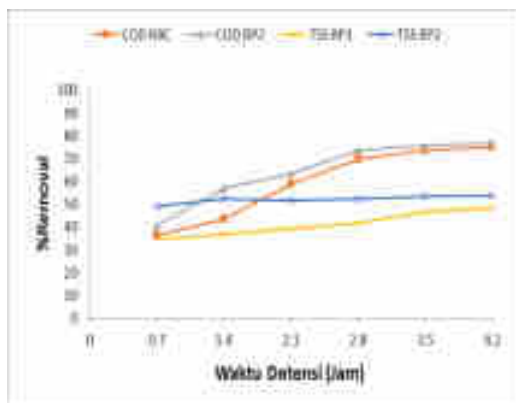
Kemampuan optimal penyisihan kandungan organik pada air limbah tempe, hal ini berkaitan dengan Organic Loading air limbah dari industri, kriteria 10 – 50 g/m².hari (Tanaka, 2008). Dari hasil penelitian menggunakan uji air limbah tempe, Organic Loading yang mampu dicapai pada kisaran 11.91 – 43.18 gr/m².hari. Pada kisaran angka tersebut, penyisihan kandungan COD pada air limbah, lebih dari 80%. Sedangkan nilai Hydraulic Loading Rate (HLR), yang memenuhi kriteria berdasarkan Metcalf & Eddy, 2003 (0.03-0.08 m³/m².hari, untuk air limbah yang mengandung unsur nitrogen) pada kisaran 0.037 - 0.074. Jadi pada HRT 2.1 jam - 4.2 jam, dan COD inlet 637.52 mg/L; 844.51 mg/l dan 1926.08 mg/L, RBC bekerja optimal. Dibawah ini gambar 2. Grafik penyisihan kandungan organik COD dan TSS.



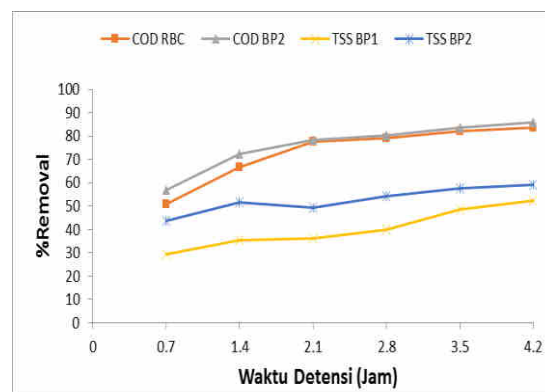
Gambar 2. Prosentase Penyisihan COD-TSS Pada COD_{inlet} = 4563.2 mg/L



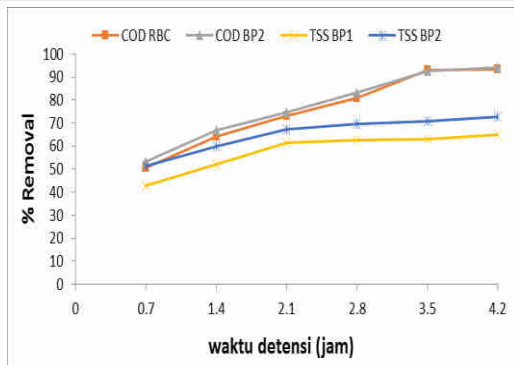
Gambar 3. Prosentase Penyisihan COD-TSS pada COD_{inlet} = 2944.0 mg/L



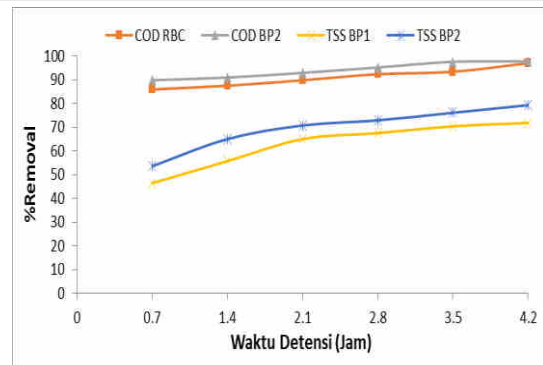
Gambar 4. Prosentase Penyisihan COD-TSS Pada COD_{inlet} = 2355.2 mg/L



Gambar 5. Prosentase Penyisihan COD-TSS Pada COD_{inlet} = 1913.6 mg/L



Gambar 6. Prosentase Penyisihan COD-TSS Pada $COD_{inlet} = 1398.4 \text{ mg/L}$

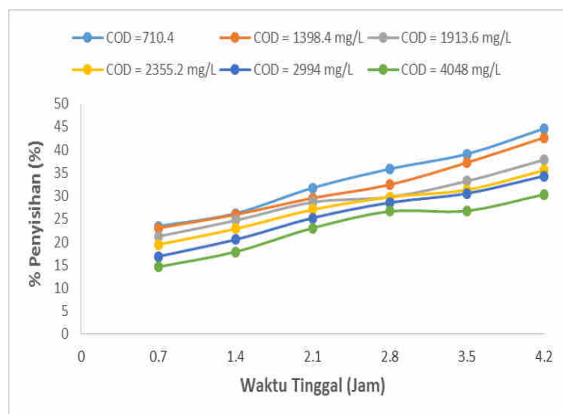


Gambar 7. Prosentase Penyisihan COD-TSS Pada $COD_{inlet} = 710.4 \text{ mg/L}$

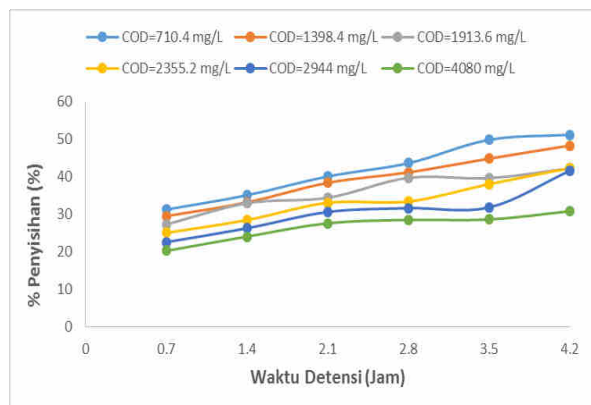
Untuk parameter Total Suspended Solid (TSS), hasil pengolahan dengan menambahkan pre-treatment memenuhi yang dipersyaratkan. Hasil penyisihan TSS pada penelitian ini, mencapai 79.29 %, pada COD inlet 710.4 mg/L di HRT 4.2 jam. Prosentase penyisihan TSS pada pertambahan HRT semakin meningkat. Ini dikarenakan penambahan pre-treatment, Untuk mengoptimalkan penurunan TSS digunakan koagulan yang dibubuhkan pada bak penampung dan flokulan yang dibubuhkan pada bak slow mix. Jenis koagulan yang digunakan adalah tawas (Al_2SO_4) sedangkan flokulan yang digunakan adalah *Polimer Acco-Flock (Polimer non-ion agent)*. Dosis koagulan dan flokulan yang dibubuhkan ditentukan dengan analisa jar test untuk mengetahui dosis yang tepat digunakan.

Penyisihan Parameter Organik, Total Nitrogen dan Total Phosphat

Parameter organik Total Nitrogen, yang merupakan unsur penting bagi pertumbuhan mikroorganisme, tanaman dan hewan. Unsur ini dikenal sebagai nutrisi atau biostimulan, dan merupakan nutrisi yang paling pokok. Baku mutu air minum di Indonesia membatasi konsentrasi Total Nitrogen pada konsentrasi 10 mg N/l, karena dapat menimbulkan dampak berbahaya pada bayi.



Gambar 8. Prosentase Penyisihan Total Nitrogen



Gambar 9. Prosentase Penyisihan Total Phosphat

Dengan penambahan pre-treatment, ada peningkatan dalam menyisihkan kandungan Total Nitrogen dan Total Phosphat. Pada HRT 4.2 jam mampu menyisihkan 45% total nitrogen dan 51% total phosphat, pada COD inlet 710,4 mg/L. Membutuhkan HRT yang lebih lama untuk bisa menurunkan total nitrogen, karena sifat kimiawi dari nitrogen sangatlah kompleks. Nitrogen diasumsikan memiliki berbagai jenis bilangan oksidasi dan dapat berubah oleh berbagai proses yang berlangsung dalam makhluk hidup. Nitrat terbentuk, karena hasil oksidasi nitrit, dan proses oksidasi nitrit menjadi nitrat karena suplai oksigen di RBC adalah terbatas, maka membutuhkan HRT yang lebih lama, untuk konsentrasi organik yang tinggi. Dibawah ini gambar 8. Penyisihan total nitrogen dan gambar 9. Penyisihan total phosphat, hasil pengolahan RBC dengan penambahan pre-treatment.

Parameter Pendukung Operasional DO, pH dan Temperatur

Pengolahan RBC merupakan pengolahan biologis pada kondisi aerob yaitu dengan membutuhkan oksigen terlarut untuk berkembang biak. Pada penelitian ini, DO di konsentrasi COD < 1000 mg/l, DO sudah terdeteksi pada kisaran 1.1 – 1.3 mg/L. Hal ini disebabkan, mikroorganisme untuk menguraikan kandungan organik yang rendah tidak terlalu bekerja keras seperti saat menguraikan kandungan organik yang tinggi, sehingga kapasitas DO tidak habis oleh mikroorganisme. Dan penguraiannya mikroorganisme dengan masih adanya cadangan DO di air limbah, hasil penyisihan kandungan organiknya juga tinggi.

Effluent air limbah tempe dari hasil penelitian menunjukkan pH 6.52 – 7.84 menunjukkan pH netral. Parameter pH sangat mempengaruhi proses pengolahan air limbah secara biologis, kisarannya antara 6,5 – 8,5. Nilai pH yang terlalu tinggi (lebih dari 8,5) akan menghambat aktivitas biofilm, sedangkan pH di bawah 6,5 akan mengakibatkan pertumbuhan jamur dan terjadi persaingan dengan bakteri dalam metabolisme materi organik.

Sedangkan suhu, hanya diatur ruangan saat operasional ventilasi terbuka, sehingga masih ada aliran udara bebas. Suhu air limbah pada reaktor RBC berkisar antara 23,5°C - 28 °C, hal ini menunjukkan mikroorganisme mesofilik mendominasi proses penguraian zat pencemar pada reaktor RBC. Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15°C - 40°C. Temperatur yang tinggi akan merusak proses dengan mencegah aktifitas enzim dalam sel. Peningkatan temperatur dapat menyebabkan penurunan efisiensi proses.

Efektifitas Penambahan Pre-Treatment Pada Sistem Pengolahan Limbah Rotating Biological Contactor

Penambahan pre-treatment dalam sistem pengolahan RBC dari hasil penelitian didapatkan peningkatan penyisihan kandungan organik. Proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi, yang bertujuan untuk menurunkan partikel tersuspensi, mampu meningkatkan kinerja alat. Sehingga penyisihan TSS dan COD mampu meningkat. Dibandingkan saat tanpa penambahan pre-treatment, penyisihan TSS pada kisaran 61.8% sedang penambahan pre-treatment meningkat menjadi 80%. Sedang penyisihan COD pada tahap pertama, pada kisaran 93%, setelah penambahan pre-treatment mencapai 96.99%. Dari hasil tersebut di atas, penambahan pre-treatment mampu meningkatkan kinerja alat.

KESIMPULAN

Dengan menambahkan pre-treatment (koagulasi-flokulasi, Primary Clarifier) sebelum RBC untuk pengolahan limbah tempe. Di HRT 4.2 jam, TSS disisihkan 80%, COD 96.99%, Total Nitrogen 44.63% dan total Phosphat 51.2%. Didapatkan bahwa effluen limbah untuk nilai COD dan TSS memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Reaktor ini, bekerja optimal pada Organic Surface Loading (OSL) 11.91 – 47.33 gBOD/m².hari dan Hydraulic Loading Rate (HLR) 0.037 – 0.074 m³/m².hari, kisaran angka untuk air limbah dengan adanya proses nitrifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Departemen Pendidikan Tinggi, atas bantuannya membiayai penelitian ini, melalui program Hibah Bersaing untuk tahun 2014-2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Amuda, O.S., Amoo, L.A., 2007, *Coagulation/Flocculation Process and Sludge conditioning in beverage industrial wastewater treatment*, Journal of hazardous Materials, volume 141, Issue 3, pp.778-783
- Angga, N., dan Hendrasarie, N., 2013, Penyisihan Kandungan Organik Limbah Melalui Konstanta Substrat Dengan Menggunakan Rotating Biological Contactor, Jurnal Envirotek, 5(2) pp. 9-16
- Benfield and Randall, *Biological process design for wastewater treatment*, 1980, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Borchardt, J.A., Biological waste treatment using rotating disc. In *Biological Waste Treatment* ed. R.P. Canale, 1971; pp. 131-140. Wiley, New York.
- Courtens, E.N.P., et al., Control of nitrification in an oxygen-limited autotrophic nitrification/denitrification rotating biological contactor through disk immersion level variation, *Bioresouce Technology* 155, 2014: 182-188.

- Chen, Z., Wen, Q., Wang, J., Li, F., Simultaneous removal of carbon and nitrogen from municipal-type synthetic wastewater using net-like rotating biological contactor (NRBC), *Process Biochemistry* 41, 2006; 2468-2472.
- Griffin, P., Jennings, P., Bowman, E., Advanced nitrogen removal by rotating biological contactors, recycle and constructed wetlands, *Wat. Sci. Tech*, 1999, Vol 40, No. 4-5, pp 383-390.
- Hendrasarie, N., Determination of Organic Loading and Hydraulic Organic Loading Rate, The Rotating Geared Blade Disc Contactor, For Nitrate Containing Organic Waste, Bali International Seminar on Science and Technology Proceeding (BISSTECH) II, 2014
- Hendrasarie, N., *Survey of Water Quality at Surabaya River's Two Streams Confluence*, Prosiding Seminar Internasional, T.Lingkungan, ITS-Surabaya, 2011, 1 (1), pp. 1-9
- Kargi, F. and Eker, S., Rotating perforated tubes biofilm reactor for high strength wastewater treatment, *Journal of Environmental Engineering*, 2001, Vol.127, No.10.
- Metcalf and Eddy. Wastewater engineering, Fourth Edition, 2003, New York, Mc. Graw-Hill
- Mba, D., Mechanical Evolution of the rotating biological contactor into the 21st Century, *Journal of Mechanical Engineering*, 2003, Vol 207
- Najafpour, G.D., Zinatizadeh, A.A.L., Lee, L.K., Performace of a three-stage aerobic RBC reactor in food canning, *Wastewater Treatment*, 2006, Vol. 30; Issue 3; 297-302.
- Pakshirajan, K., and Kheria, S., Continuous treatment of coloured industry wastewater using immobilized *Phanerochaete Chrysosporium* in a rotating biological contactor reactor, *Journal of Environmental Management* 101, 2012, 118-123.
- Palma, L.D., dan Verdone, N., The effect of disk rotational speed on oxygen transfer In rotating biological contactor, *Bioresource Technology* 100; 2009; 1467-1470.
- Sima, J., Pocedic, J., Roubickova, T., Hasal, P.A., (2012), “Rotating Drum Biological Contactor and Its Application For Textile Dyes Decolorization”, *SciVerse ScienceDirect, Procedia Engineering* 42, pp 1579-1586.
- Sirianuntapiboon, S., Chuamkaew, C., (2007), “Packed Cake Rotating Biological Contactor System of Treatment Cyanida Wastewater Treatment”, *Bioresource Technology* 98, pp 266-272
- Suarez, S., Lemma, J.M., Omil, F., 2009, *Pretreatment of hospital wastewater by coagulation-flocculation and floatation*, *Bioresource Technology*, volume 100, Issue 7, April 2009, pp. 2138-2146
- Verma, A.K., Dash, R.R., Bhunsa, P., 2012, *A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters*, *Journal of Environmental Management*, Volume 93, Issue 1, Januari, 2012, pp. 154-168
- Wheatley, A.D., Biotechnology and effluent treatment, in *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, Vol. 1, ed. G.E. Russel, pp. 261-270, Intercept Limited, England.
- Wu, Y.C., and Smith, E.D., Rotating biological contactor system design, *J. Environ. Eng.*, 1982, 108; 578-588.